УДК 519.7:004.032.24

DOI: 10.18664/ikszt.v0i3.76535

МІНУХІН С.В., к.т.н., професор,

ЗАДАЧИН В.М., к.ф-м.н., доцент (Харківський національний економічний університет ім. С. Кузнеця)

# Дослідження засобів створення обчислювального кластера на основі технологій віртуалізації

Проведено аналіз сучасних технологій створення обчислювальних кластерів. Розглянуто питання налаштування та установлення систем OpenVZ, HyperVM, Hyper-V. Розглянуто етапи налаштування OpenVZ для OC Ubuntu/Debian. Розглянуто особливості налаштування систем при вирішенні завдань віртуалізації. Розглянуто особливості НуреrVM як розповсюдженої технології для управління фермою фізичних і віртуальних серверів, використовуючи веб-орієнтований інтерфейс. Розглянуто можливості використання НуреrVM на основі управління сертифікатами, протоколами віддаленого доступу, визначення списків сервісів і процесів та побудови звітів з роботи віртуальних машин. Розглянуто питання побудови обчислювального кластера на основі операційної системи Linux на базі системи Hyper-V.

**Ключові слова**: віртуалізація, операційна система, обчислювальний кластер, сервер, віртуальна машина, комп'ютерна мережа.

#### Вступ

Розвиток сучасних інформаційно-комунікаційних технологій передбачає впровадження засобів віртуалізації, наприклад, в хмарних обчисленнях, які базуються на вирішенні широкого класу задач планування, розподілу ресурсів віртуалізованих засобів зберігання та обробки даних в розподілених системах [1, 2].

Ринок віртуалізації рішень для побудови кластерних обчислювальних систем досить великий, отже вибір певного рішення визначається витратами на його придбання, обслуговування та кількістю наданих клієнтам інструментів управління віртуальними серверами (вузлами). В даній роботі аналіз віртуальних кластерних рішень здійснено на основі існуючих у теперішній час безкоштовних продуктів. В результаті проведеного аналізу обрано три системи: OpenVZ, HyperVM, Hyper-V [3-7].

#### Основна частина дослідження

1. Аналіз рішень щодо технологій віртуалізації обчислювальних кластерів

## 1.1 Система OpenVZ

Найпростішим варіантом розподілення фізичного сервера на віртуальні вузли є побудова кластера на базі використання системи OpenVZ – розширення ядра Linux, що реалізує концепцію віртуального середовища (Virtual Environments, VE). Віртуалізація здійснюється на рівні екземплярів операційних систем (OC), при цьому одне ядро використовується для всіх VE: ядро забезпечує віртуалізацію, ізоляцію, керування ресурсами й збереження поточного стану кожного

#### © С.В. Мінухін, В.М. Задачин, 2016

віртуального приватного сервера. Як гостьові ОС можна використати дистрибутиви Linux. В OpenVZ підтримується до 4096 процесорів і до 64 Гб оперативної пам'яті. Всі процеси розділені й повністю ізольовані один від одного, при цьому кожний виконується у своєму адресному просторі, віртуальний мережний пристрій (venet) використовує свою ІРадресу. Клієнт одержує будь-яку кількість виділених віртуальних серверів зі своїми додатками, які зовні виглядають як окремі сервери, але побудовані на основі однієї апаратної платформи.

Налаштування та установлення OpenVZ для OC Ubuntu/Debian виконується аналогічно OC CentOS. Ocновна система повинна бути 64-бітною, тому що в цьому випадку є можливість використання 64-бітних шаблонів OC. Ряд обмежень 32-бітних OC (наприклад, максимальний обсяг OП – 4 Гб) лімітує кількість серверів і можливості подальшого їх розширення. В документації Ubuntu рекомендується використовувати для зберігання образів віртуальних машин систему управління дисковим простором LVM, що дозволяє виконувати процедуру резервного копіювання з нульовим часом простою (Zero Downtime Backup) і уникнути проблем при підключенні нових дисків.

Налаштування цієї системи здійснюється на основі наступних етапів.

Етап 1. Відключається система захисту SELinux або AppArmor. Поточний стан перевіряється такими командами:

\$ dmesg | grep SELinux SELinux: Disabled at boot.

\$ dmesg | grep -i AppArmor AppArmor: AppArmor initialized AppArmor: AppArmor Filesystem Enabled.

Далі припиняється робота програми AppArmor:

\$ sudo/etc/init.d/apparmor stop

\$ sudo update-rc.d -f apparmor remove

\$ sudo apt-get remove apparmor apparmor-utils.

Етап 2. Відключається SELinux шляхом визначення параметра "selinux=0" у параметрах ядра у налаштуваннях завантажника menu.lst: "kernel .... selinux=0" або в /etc/sysconfig/selinux установкою "selinux=disabled".

Ядро Ubuntu, що використовується за замовчуванням, не підтримує OpenVZ, але в офіційному репозитарії вже є для цього все необхідне. Крім того, можна використовувати останню версію ядра зі сайта OpenVZ і зібрати ядро самостійно. Розроблювачі OpenVZ пропонують RPM пакети для RHEL і репозитарій для Ubuntu 8.04 LTS. Для його підключення у файл /etc/apt/sources.list треба додати рядок:

deb http://download.openvz.org/ubuntu hardy experimental.

Eтап 3. Оновлюється список пакетів: \$ sudo apt-get update \$ sudo apt-cache search openvz.

Останнє ядро ставиться разом з утилітами управління:

\$ sudo apt-get install linux-openvz vzctl vzquota.

Етап 4. Змінюються системні налаштування шляхом модифікації файлу /etc/sysctl.conf таким чином:

-> -> Bef uiki openyz o

\$ sudo nano /etc/sysctl.conf

# Умикаємо форвардинг, відключається ARP проксі:

net.ipv4.conf.default.forwarding=1
net.ipv4.conf.default.proxy\_arp=1
net.ipv4.ip\_forward=1
net.ipv4.conf.all.rp\_filter = 1
net.ipv4.conf.default.send\_redirects = 1
net.ipv4.conf.all.send\_redirects = 0

# Умикаємо SysRq клавіші kernel.sysrq = 1.

Зберігаємо зміни й застосовуємо їх:

\$ sudo sysctl -p.

Якщо віртуальні VM будуть використовувати діапазон IP-адрес, який відрізняється від реальної системи, то в конфігурації OpenVZ параметра NEIGHBOUR\_DEVS присвоюється значення all:

\$ sudo nano /etc/vz/vz.conf NEIGHBOUR\_DEVS=all.

Етап 5. Перевіряється наявність запису щодо нового ядра в конфігурації завантажника (він вноситься автоматично при встановленні пакета) за допомогою команди:

\$ grep openvz /boot/grub/menu.lst.

Етап 6. Створюється символічне посилання: \$ sudo ln -s /var/lib/vz /vz.

Етап 7. Після перезавантаження з новим ядром /vz/template/cache шаблони операційних систем, які будуть використовуватися для віртуалізації, скачуються в каталог (рис. 1) (наприклад, Ubuntu):

OpenV7	Download/template/precreated			
C DCII V Z	< Download I template			
Navigation	Precreated template caches for different distributions. To install, download and put to the host s List of templates available at download.template/precreated/ and its mirrors:	system's /vz/template/cac	1e directory,	do not unpack!
Main Page	fin M	M atch	cizo	
Latest news		0011 00 14 10 41 48	SIZE	
Recent changes	centos-4-x86 64 tan gz (signature)	2011-09-14 10:41:40	164 Mb	
Recent changes	centor-5-x86-devel tan gr (signature)	2011-09-14 10:40:02	196 Nb	
Random page	centos-5-x86.tar.gz (signature)	2011-09-14 10:50:37	173 Mb	
	centos-5-x86 64-devel.tar.gz (signature)	2011-09-14 10:44:24	207 Mb	
Sites	centos-5-x86 64.tar.gz (signature)	2011-09-14 10:46:26	183 Mb	
0100	centos-6-x86-devel.tar.gz (signature)	2011-09-14 10:58:08	220 Mb	
Blog	centos-6-x86.tar.gz (signature)	2011-09-14 11:00:22	191 Mb	
Forum	centos-6-x86_64-devel.tar.gz (signature)	2011-09-14 10:53:15	236 Mb	
Fordin	centos-6-x86_64.tar.gz (signature)	2011-09-14 10:55:33	203 Mb	
Bugzilla	debian-5.0-x86.tar.gz (signature)	2011-09-14 11:02:32	132 Mb	
Downloads	debian-5.0-x86_64.tar.gz (signature)	2011-09-14 11:01:30	134 Mb	
GIT source repo	debian-6.0-x86.tar.gz (signature)	2011-09-14 11:05:19	149 Mb	
	debian-6.0-X86_64.tar.gz (signature)	2011-09-14 11:03:54	151 Mb	
	federa 14 x86 64 tan gr (signature)	2011-09-14 11:15:45	199 MB	
Toolbox	fedora-15-x86 tan az (cignatura)	2011-09-14 11:11:41	200 10	
	fedora-15-x86.64 tar.gr.(signature)	2011-09-14 11:15:45	204 Mb	
What links here	scientific-6-x86.tar.gz (signature)	2011-09-14 11:21:56	191 Mb	
Related changes	scientific-6-x86 64.tar.gz (signature)	2011-09-14 11:20:13	203 Mb	
Special pages	suse-11.3-x86.tar.gz (signature)	2011-09-14 11:26:30	187 Mb	
Dentable upget	suse-11.3-x86_64.tar.gz (signature)	2011-09-14 11:24:00	191 Mb	
Printable version	suse-11.4-x86.tar.gz (signature)	2011-09-14 11:31:15	186 Mb	
Permanent link	suse-11.4-x86_64.tar.gz (signature)	2011-09-14 11:28:37	190 Mb	
	ubuntu-8.04-x86.tar.gz (signature)	2011-09-14 11:41:20	106 Mb	
	ubuntu-8.04-x86_64.tar.gz (signature)	2011-09-14 11:40:26	110 Mb	
	ubuntu-9.10-x86.tar.gz (signature)	2011-09-14 11:43:33	124 Mb	
	ubuntu-9.10-x86_64.tar.gz (signature)	2011-09-14 11:42:26	127 Mb	
	ubuntu-10.04-x86.tar.gz (signature)	2011-09-14 11:34:08	135 Mb	
	ubuntu-10.04-x00_04.tar.gz (signature)	2011-09-14 11:32:39	130 Mb	
	ubuntu-10.10-x00.car.gr (signature)	2011-09-14 11:37:04	136 Mb	
	ubuntu 11 04 v66 tan an (cianatuna)	2011-09-14 11:35:34	100 10	

Рис. 1. Шаблони ОС

\$ wget -c <u>http://download.openvz.org/template/</u> precreated/contrib/ubuntu-8.04.2-i386-minimal.tar.gz

\$ sudo cp -v ubuntu-8.04.2-i386-minimal.tar.gz /vz/template/cache

При масовому розгортанні рекомендується локалізувати VM у контейнері, з якого й створити новий шаблон.

## 1.2 Система HyperVM

НурегVM є досить розповсюдженою технологією для управління фермою як фізичних, так і віртуальних серверів (VPS/VDS), використовуючи інтерфейс, що побудований на основі веб-технологій. У теперішній час підтримуються дві технології віртуалізації OpenVZ й Xen. Для зручності конфігурування застосовуються системи планування використання pecypciв (Resource Plan), у яких наводяться такі установки: кількість VPS, дискова квота, гарантована ОП, трафік. Інтерфейс є єдиним як для Xen, так і для OpenVZ, більша частина параметрів стосується обох технологій, однак зустрічаються налаштування "OpenVZ Only" та "Xen Only".

Серед додаткових можливостей панелі НурегVM слід відзначити управління сертифікатами, протокол віддаленого доступу SSH, визначення списків сервісів і процесів з можливістю зупиняти будь-які з них, побудову звітів з роботи віртуальних машин. Для швидких комунікаційних каналів можна активувати підтримку Ајах. Для гарантування безпеки пропонується обирати діапазони дозволених IP-адрес, з яких можна підключатися до панелі і блокувати IP. При установленні підтримуються тільки RHEL дистрибутиви (рекомендується CentOS).

Установлення виконується на основі скрипта, який відправляється на виконання (у ролі параметра virtualization-type вказується тип віртуалізації – в даному випадку xen/openvz/NONE):

#### \$ wget -c

http://download.lxcenter.org/download/hypervm/productio n/hypervm-install-master.sh

\$ sudo sh ./hypervm-install-master.sh -ivirtualization-type=openvz.

Якщо планується розгорнути цілий кластер, то інструкція hypervm-install-master.sh виконується на сервері, в інших випадках – використовується інструкція hypervm-install-slave.sh.

#### 1.3 Система Нурег-V

Нурег-V є віртуальним середовищем, що працює безпосередньо на апаратному рівні. Архітектура Нурег-V складається з гіпервізора мікроядра, а також батьківських і дочірніх розділів. Всі версії Нурег-V мають один батьківський розділ, що управляє функціями Нурег-V. З батьківського розділу запускається консоль Windows Server Virtualization. Крім того, батьківський розділ використовується для запуску віртуальних машин (VM), що підтримують потокову емуляцію старих апаратних засобів. Гостьові VM запускаються з дочірніх розділів Нурег-V. Дочірні розділи підтримують два типи VM: високопродуктивні VM на основі архітектури VMBus та VM, що управляються системою-вузлом. До першої групи входять VM із системами Windows Server 2003, Windows Vista, Windows Server 2008 й Linux, які підтримують Xen. Нову архітектуру VMBus відрізняє високопродуктивний конвеср, що функціонує в оперативній пам'яті та з'єднує клієнтів Virtualization Service Clients (VSC) на гостьових VM з провайдером Virtual Service Provider (VSP) вузла. Слід зазначити, що Нурег-V працює тільки на 64-розрядних процесорах, які підтримують технології Intel VT або AMD-V (Pacifica). При цьому в BIOS повинен бути активізований механізм захисту коду (Intel XD або AMD NX).

До основних можливостей Нурег-V слід віднести:

 підтримку як процесорних, так і багатопроцесорних віртуальних машин з максимальною кількістю процесорів 24;

• наявність фізичного сервера (об'єм – до 1 Тб оперативної пам'яті, для віртуальних машин – підтримка 128 Гб оперативної пам'яті);

• можливість одночасного запуску до 192 віртуальних машин, кількість налаштованих, але не працюючих VM, обмежено 512;

• одночасну роботу 32- та 64-бітних версій гостьових ОС;

• підтримку у віртуальних локальних мережах (VLAN) до 4096 пристроїв;

• наявність до 12 віртуальних мережних адаптерів;

• наявність чотирьох віртуальних дисків (до 2 Тб);

 можливість створення миттєвих знімків працюючих віртуальних машин. У таку копію записується також системний стан, дані й конфігурація апаратних засобів.

Для локального й видаленого управління Нурег-V використовуються утиліти (наприклад, комплект "Hyper-V Tools") або диспетчер Hyper-V (Hyper-V Manager). Останній може встановлюватися на іншому комп'ютері, що працює під керуванням Windows 2003 і вищих версій. При цьому сервер можна розгорнути, як у повному варіанті, так й у скороченому (Server Core). Для Windows 7 інструмент включений до комплекту Remote Server Administration Tools for Windows 7 (RSAT), куди входить ще ряд консолей, які дозволяють налаштувати, крім Hyper-V, сервіс Active Directory, протокол призначення адрес DHCP, сервіс DNS, RDP, а також компоненти BitLocker, GPO, Network Load Balancing.

У промисловому середовищі налаштування віддаленого доступу для великої кількості користувачів є складним завданням, однак це можливо реалізувати за допомогою сценарію HVRemote (Hyper-V Remote Management Configuration Utility, [8]). 3a його допомогою можна додати або видалити обліковий запис, робочу групу й домен, відкрити потрібні порти в WF і діагностувати проблеми. Найбільш потужним рішенням є диспетчер віртуальних комп'ютерів SCVMM 2008 (System Center Virtual Machine Manager, [9]), який дає можливість управляти фізичною й віртуальною інфраструктурою, причому не тільки Hyper-V, але й Microsoft Virtual Server 2005, VMware ESX/ESXi, та переносити фізичну інфраструктуру на віртуальні пристрої.

2. Побудова кластера на основі ОС Linux (Centos) на базі системи Нурег-V

2.1. Вибір устаткування для віртуалізації кластера на основі системи Нурег-V

До вимог до устаткування, що обирається, слід віднести такі: всі процесори обчислювальної кластерної системи повинні мати підтримку 64-бітної шини (2008 R2 використовує тільки в 64-бітну шину); програмне забезпечення Hyper-V Server 2008 R2, яке є модифікацією Windows Server 2008 R2 у режимі ядра з увімкненим (за замовчуванням) гіпервізором й консольним управлінням для централізованого управління (рис. 2). Цей вибір обумовлений тим, що немає необхідності витрачати ресурси хостового сервера на підтримку будь-яких інших ролей, крім гіпервізора.



Рис. 2. Завантаження гіпервізора

При використанні цього гіпервізора потрібно ліцензувати тільки віртуальні машини, які будуть на ньому запускатися. Як сховище використовується робоча станція, на якій встановлено два жорстких диски об'ємом 250 Гб кожен, що об'єднані у масив RAID0 засобами ОС. Для перебудови сервера в сховище використовується найдешевший з можливих варіантів – iSCSI. Ця машина буде керуючою для кластера Нурег-V, а також буде контролером домену.

Запропоноване сховище буде працювати під управлінням Windows Server 2008 R2.

#### **2.2. Налаштування обчислювального кластера** Етап 1

На цьому етапі використовуються дві ОС Нурег-V Server 2008 R2 та Windows Server 2008 R2.

Перед налаштуванням кластера для його коректної роботи необхідно налаштувати мережу шляхом визначення для всіх серверів локальних ІР-адрес, попередньо підключивши їх до комутатора. Дозволяємо вилучений доступ до вузлів кластера – через RDP та через консоль MMC. Це необхідно зробити до визначення вузлів домену. Визначається домен і підключаються до нього кластерні вузли з увімкненням Failover Clustering Feature.

Етап 2. Налаштування сховища

На цьому етапі RAID0 розділяється на два логічні диски – один – для File Share Witness (близько 15 Гб), другий – для зберігання віртуальних машин (рис. 3).

Action View Help						
🔷 🗷 📅 🔽 📅 😰	X 🖻 🖻 🍳 📓					
Computer Management (Local)	Volume	Layout	Type	File System	Status	Capa
System Tools	(C:)	Simple	Basic	NTFS	Healthy (Boot, Page File, Crash Dump, Primary Partition)	74,4
🗄 🕑 Task Scheduler	Data (E:)	Striped	Dynamic	NTFS	Healthy	449,
🗄 🛃 Event Viewer	Quorum (D:)	Striped	Dynamic	NTES	Healthy	16,5
E Shared Folders	System Reserved	Simple	Basic	NTFS	Healthy (System, Active, Primary Partition)	100
+ W Performance		-				×
Storage						_
Disk Management	Dunamic	0	(0)			16
Services and Applications	232,89 GB	8.27 GB NT	(D:) ES		224.61 GB NTES	
	Online	Healthy			Healthy	1
	Disk 1					
	Dynamic	Quorum	(D:)		Data (E:)	
	232,89 GB	8,27 GB NT	FS		224,61 GB NTFS	
	Online	Healthy			Healthy	
		1		1.5.		_
	Disk 2					
	Basic 74 FR CR	System R	teserved	(C:)		
	Online	Healthy (S)	FS vstem Δct	Vi Healthy	(Boot Page File, Crash Dump, Primary Partition)	
	24003025	incensity (or	,		(every rage ray a series party rinner) randony	

Рис. 3. Налаштування сховища для віртуальних машин

Далі встановлюється StarWind iSCSI Target, після чого треба пропустити через Windows Firewall порти 3260, 3261. Для авторизації потрібні логін і пароль, які в базовому варіанті визначені як гооt й starwind відповідно (рис. 4). Після підключення до сервера необхідно вказати файл із ліцензією у вкладці Configuration серверної консолі StarWind (рис. 5).

В процесі створення таргету формуються розмічені img-файли, які відбивають роль LUN-ів (віртуальних жорстких дисків) (рис. 6).

anfiguration (Serv Name: :: user name and put in: root troot	ver Log DC L.DEMO.NET 127.0.0.1 3261	rver.	≈s s	
annfguration (Serv Name: 3: 2: user name and pu in: [root 1: 1: 2: 2: 2: 2: 2: 2: 2: 2: 2: 2: 2: 2: 2:	ver Log DC1.DEMOJ.NET 127.0.0.1 3261	rver.	≈s s	StarWind
Name: :: :: :: :: :: :: :: :: ::	Ver.Log DCL.DEMO.NET 127.0.0.1 3251	rver.	≈ s	
Name: :: :: :: :: :: :: :: :: ::	ver Log DC1.DEMO.NET 127.0.0.1 3261	rver.	≈s s	
Name: :: :: :: :: :: :: :: :: ::	DC1.DEMO.NET 127.0.0.1 3261	rver.	Exchange	
e user name and pa in: root	127.0.0.1 3261	rver.	Exchange Server	<b></b>
e user name and pa in: root rd: •••••••	3261	rver.	Exchange	
e user name and pa in: root rd: •••••••	assword to connect to this serv	rver.	Exchange Server	
e user name and pa in: root rd: •••••••	bassword to connect to this serv	rver.	Exchange Server	
e user name and pa in: root rd: ••••••	bassword to connect to this serv	rver.		
				StarWind SAN
	ОК	Cancel	SOL Database	
asks				
Connect his action establish elected StarWind S	hes management connection to Server.	to the		
Add StarWind Se	onier			
	civer			
his option allows ye erver host to Starl	you to add local or remote Starv Wind Management Console.	rWind		
TS	Connect This action establis selected StarWind	Connect This action establishes management connection	Connect This action establishes management connection to the selected StarWind Server.	<u>Connect</u> This action establishes management connection to the selected Star/Wind Server.

Рис. 4. Процедура авторизації

StarWind Management Console			
File Host Target Options Help			
🕘 🔁 🛃 🛃 🖹 🔔	<u></u>		
StarWind Servers	General Configuration Server Log	$\approx$	Star Wing
Targets	Management Console Settings	Management Interface	
data	Anagement Interface	StarWind Server Location	
		Host Port	DC1.DEMO.NET( 127.0.0.1) 3261
	Server Settings	Authentication Parameter	5
	Image: SHS         Image: SHS	Authentication Type	Basic

Рис. 5. Запуск серверної консолі StarWind

http://it-bezpeka.org.ua/wp-content/uploads/2011/10/starwind-target.png
Add Target Wizard
Image File device parameters Specify Image File device parameters.
Select virtual disk you want to make accessible via iSCSI:
(My Computer\D\quorum.img
V Asynchronous mode
Read-Only mode
Allow multiple concurrent iSCSI connections (dustering)
Advanced options
File system buffering
Header size in sectors: 0
< Back Next > Cancel Help

Рис. 6. Розміщення img-файлів у розділах системи

цьому ставиться помітка (рис. 6), що відповідальна за двох таргетів: один під кворум, другий – під дані конкурентні з'єднання iSCSI, тобто кластеризацію. У (рис. 7).

Вони розміщуються на відповідних розділах та при результаті проведених дій отримуємо архітектуру з

StarWind Management Console				-0	
File Host Target Options Help					Characteristic Common
🕘 🕏 🗄 🛃 🖻 🔮 🚨	<u> </u>				
StarWind Servers	Target List CHAP Permi	ssions Access Rights		≈stạr₩	
	Target Alias	Target IO	2N	Clustered	
quorum data	👝 quorum 👝 data	ign. 2008 ign. 2008	-08.com.starwindsoftware:dc -08.com.starwindsoftware:dc	Yes Yes	
	data / Devices SCSI Sessions	(2) CHAP Permissions			
	data Devices SCSI Sessions Device Name	(2) CHAP Permissions	Device Type	State	
	data / Devices GCSI Sessions Device Name ImageFile 2	(2) CHAP Permissions LUN 0	Device Type Image File	State Active	
	data / Devices SICSI Sessions Device Name ImageFile2	(2) CHAP Permissions LUN 0	Device Type Image File	State Active	
	data / Devices \SCSI Sessions Device Name ImageFile2	(2) CHAP Permissions	Device Type Image File	State Active	
Wind w A R E	data / Devices SCSI Sessions Device Name ImageFile2 Device Properties	(2) CHAP Permissions LUN 0	Device Type Image File	State Active	
T W A R E	data / Device: (SCSI Sessions Device Name Imagefie2 Device: Properties Device:	(2) (CHAP Permissions ) LUN 0	Device Type Image Fle	State Active	
ar wind F T w A R E	data / Device SCLI Sessions Device Name ImageFie2 Device Properties Device: Wtub Dek:	(2) OHAP Permissions \ UN 0	Device Type Image Ffe gefile2	State Active	
tarwind Petware	data / Device NoCEI Sessions Device Hame ImageFie2 Device Properties Device: What Data: Persident Reservation:	(2) CHAP Permissions LUN 0 Diss Hyly Yes	Device Type Image File geffile2 Computer (Fildata.img	State Active	
of Tware	data Device (SCSI Sessors Device Name Imgefile2 Device Properties Device: Yrhus Did: Persistent Reservation: File System Differing:	(2) CHAP Permissions UN 0 IUN No No	Device Type Image File gefile:2. Computer (Fildata.img	State Active	
software	data / Device Isessions Device Itame Device Properties Device Properties Device:	(2) (CHAP Permissions UN 0 Inne My Yes No 450	Device Type Image File geffile 2 computer/Figlate.img	State Active	
sofrware	data Devicer SCSI Sessions Device Name ImageFile2 Device Properties Device: Whati Disk: Persister Reservators: File System Buffering: Size in Mes: Read Only Mode:	(2) OHAP Permissions 1 LUN 0 Imm Ny Yes 16 No No	Device Type Image File geffile2 Computer (Figlata.img	State Active	

Рис. 7. Архітектура таргетів системи

Етап 3

У серверах версії 2008 R2 встановлено iSCSI Initiator, що відповідає за підключення LUN-ів до отриманого сховища у ролі локальних дисків. У зв'язку з відсутністю GUI на консольному Hyper-V Server його треба викликати через командний рядок або Powershell за допомогою команди iscsicpl. У полі, що підсвічене жовтим кольором, необхідно ввести IP-адресу сховища, після чого повинно з'явитися спливаюче віконце з розміщеними на сервері таргетами (рис. 8).

http://it-bezpeka.org.ua/wp-content/uploads/2011/10/iscsi-

SI Initia	tor Proper	ties							23
Fargets	Discovery	Favorite Tar	rgets	Volumes and	Devices	RADI	US Conf	iguration	2
Quick (	Connect		-					-	1
To disc DNS ni	over and log ame of the t	g on to a targe arget and the	et using n click (	a basic con Quick Connec	nection, t :t.	ype the	IP addre:	ss or	
<u>T</u> arget							Quick Co	nnect	
Discov	ered targets								
							Refr	resh	
Name					Status				
ign.2	008-08.com.	starwindsoftv	vare:isc	si-storage	Reconn	necting.			
ign.2	008-08.com.	starwindsoftv	vare:isc	si-storage	Reconn	necting.	<i>.</i>		
To con click Co	nect using a	dvanced optic	ons, sel	lect a target	and then		Cogr	nect	
To con click Ci To con then c	nect using a onnect. npletely disco	dvanced optic onnect a targe ct.	ons, sel	lect a target	and then		Cogr	nect	
To con click Co To con then c For tan select	nect using a onnect. npletely disco lick Disconne get propert the target a	dvanced optic onnect a targe sct. nd click Prope	ons, sel et, sele configue rties.	lect a target ct the target ration of ses	and then and sions,		Cogr Discor Broper	nect nect ties	
To con click Ci To con then c For tai select For co the tai	nect using a onnect. Inpletely disc lick Disconne rget propert the target a nfiguration o get and the	dvanced optic onnect a targe ct. es, including c nd click Prope of devices asso n click Devices	ons, sel et, sele configur rties. ociated s.	lect a target ct the target ration of ses with a targe	and then and sions, t, select		Cogr Discor Proper De <u>v</u> ic	nnect ties	
To con dick Cr To con then c For tai select For co the tai	nect using a onnect. upletely disc ick Disconne rget propert the target a nfiguration c get and the pout basic IS	dvanced optic onnect a targe ct. ies, including d cikk Prope of devices asso of devices asso o	ons, sele configu rties. ociated s. <u>ns and</u>	lect a target ct the target ration of ses with a targe <u>targets</u>	and then and sions, t, select		Cogr Discor Proper De <u>v</u> ic	nnect ties	

Рис. 8. Визначення ІР-адреси сховища

Після того, як таргети будуть підключені до сервера, необхідно змонтувати їх як диски.

Після натискання на Autoconfigure (рис. 9) у порожньому віконці з'являться два шляхи до дисків, що визначають шлях. Після цього можна увімкнути Disk Management і визначати букви дискам.

http://it-bezpeka.org.ua/wp-content/uploads/2011/10/iscsivolume PNG.png

argets	Discovery	Favorite Targets	Volumes and Devices	RADIUS	Configuration
f a prop he list b onfigur his will or use l he Fav	gram or serv below, or clic e all availabl bind the volu by the progr orite Targets	ice uses a particular k Auto Configure to e devices. ume or device so th am or service. This s List.	volume or device, add have the iSCSI initiato at on system restart it i is only effective if the	that volur r service a s more rea associated	ne or device to utomatically dily available target is on
olume I	List:				
Volume	e/mount poin	nt/device			
'o auto Configu 'o add a	matically con re, a specific dev	figure all available o	devices, dick Auto		Auto Configure
io auto Configu io add a io remo	matically con re, a specific dev we a device,	figure all available ovice, click Add. select the device a	devices, click Auto Ind then click		Auto Configure Add Remove
'o auto Configu 'o add a 'o remo Lemove 'o imme	matically con re, a specific dev we a device,  diately remo	figure all available o vice, click Add. select the device a vve all devices, click	devices, click Auto nd then click Clear.		Auto Configure Add Remove
io auto ionfigu io add a io remo emove io imme io imme	matically con re. a specific dev ve a device, diately remo	figure all available of vice, click Add. select the device a ve all devices, click s and Devices	devices, click Auto nd then click Clear.		Auto Configure Add Remove Clear

Рис. 9. Налаштування Autoconfigure

Після задання букв на першому гіпервізорі другий гіпервізор підключить імена дисків автоматично. У результаті отримано два гіпервізори, що мають по два загальних диски, які підключені через iSCSI до сховища.

## Етап 4

При налаштуванні кластера на двох наявних гіпервізорах майстер налаштування сам обирає файлові розділи під кворум та під дані. Як загальні ресурси були обрані диски, підключені по iSCSI, і як кворум був обраний найменший з них.

Після об'єднання двох гіпервізорів у кластер за допомогою майстра налаштування консоль кластера

буде виглядати таким чином (рис. 10).

Для налаштування необхідно перейти на Cluster Shared Volumes – вкладку в консолі кластера. Саме на цьому сховищі можуть розміщатися віртуальні машини для забезпечення стабільної роботи шляхом перетворення звичайного кластерного ресурсу в shared, використовуючи кнопку «Add Storage» (рис. 11).

Failover Cluster Manager		The second s		-1012
File Action View Help				
🗇 🔿 🖄 📅 🔽 🖬	Nodos	Barrent Churter Franker Marrie	Actions	
E Hyper-v.demo.net	Nodes	HOUGH CLUSIER EVENIS, HOUR H	Nodes	-
VMM	Name	Status	Add Node	
🖃 🎲 Nodes	HYPER-V-2	() Up	View	
HYPER-V-1 HYPER-V-2		0	Refresh	
Cluster Shared Volumes			E Halo	
Storage			E loop	_
External			HYPER-V-1	-
11 Cluster Events			Pause	
			Resume	
			Show the critical events for the	is du
			More Actions	9
	Version: 6.1760	Status: bi		
	Service Pack: No Service Pack Installed			

Рис. 10. Об'єднання двох гіпервізорів у кластер

File       Action       Wew       Hdp         Image: Services and applications       Usster Shared Volumes       Recent Cluster Events: None in the last       Actions         Image: WM       WM       Image: Services and applications       Image: Services and applications       Actions         Image: WM       Image: Services and applications       Image: Services and applications       Image: Services and applications       Actions         Image: WM       Image: Services and applications       Image: Total Capacity: Total Capacity: Total Capacity: Total Capacity: Total A39.45 GB       Refresh       Refresh         Image: Services and applications       Image: Total Capacity: Total A39.45 GB       Refresh       Refresh         Image: Service Shared Volumes       Image: Total Capacity: Total A39.45 GB       Refresh       Refresh         Image: Service Shared Volumes       Image: Total Capacity: Total A39.45 GB (97.7% free)       Move this shared volume to another P         Image: Service Shared Volumes       Image: Service Califications       Image: Service Califications       Image: Service Califications         Image: Service Shared Volumes       Image: Service Shared Volumes       Image: Service Califications       Image: Service Shared Volumes         Image: Service Shared Volumes       Image: Service Shared Volumes       Image: Service Shared Volumes       Image: Service Shared Volumes       Image: Serv	Failover Cluster Manager			0000/2011/10	<u>enesterings-ping</u>	- 0 >
Felover Cluster Manager Follower Cluster Shared Volumes Summary of Cluster Shared Volumes Sorage: Total: 439,45 GB Free Space: 42,52 GB Percent Free 395.9% Disk Status Cluster Disk 1 Cluster Disk 1 Cluster Disk 1 Cluster Shared Volumes Sorage: Total: 439,45 GB Free Space: 42,52 GB Percent Free 395.9% Disk Status Cluster Disk 1 Cluster Disk 1 Cluster Shared Volumes Sorage: Total: 439,45 GB (97,7%, free) More this shared volume to another > More this resource online His shared volume to another > More this shared volume to another >	File Action View Help					
Felover Cluster Manager Follower Cluster Manager Imper-v.demo.net Cluster Shared Volumes WMM WMM WMM WMM WMM WMM WMM Cluster Shared Volumes Storage: Total: 439.45 GB Free Space: 421.52 GB Percent Free: 95.9% Outset Fixed Volumes Cluster Disk 1 Online HYPER-V-2 Cluster Disk 1 Percent Free: 95.9% Dek Status Outer Disk 1 Online HYPER-V-2 Cluster Disk 1 Percent State Volumes Dek Status Dek Status Online HYPER-V-2 Cluster Disk 1 Percent State Volumes Help Poperties Help Properties Help Properties Help Properties Help Properties Help Properties Help Properties Properties Help Properties P	🗢 🔿 🙍 📅 🚺 📅					
	A Constant of the second	Cluster Shared Volumes Summary of Clust Storage: 1 Total Disks - 1 online. P Disk CNCuster Disk 1 CNCuster Storage V File	total Capacity: iotal Capacity: iotal: 439.45 GB ree Space: 421,62 GB lercert Free: 95,9% dus Online System: NTFS	r Events: None in the last 2 35 Current Owner HYPER-V-2 439.45 GB (97.7% free )	Actions Cluster Shared Volumes Add storage View Refresh Cluster Disk 1 Cluster Disk 1 Cluster Disk 1 Cluster Disk shared volume to anot Remove from Cluster Shared Vol Show the critical events for this r More Actions Properties Reflexed	he ) umes res

http://it-bezpeka.org.ua/wp-content/uploads/2011/10/clustering2.png

Рис. 11. Процедура перетворення кластерного ресурсу в shared

Щоб уникнути зайвих проблем, при налаштуванні гіпервізорів на кожному вузлі треба вказати повні шляхи для дисків і віртуальних машин з розміщенням на загальному диску. Етап 5

Створюються віртуальні машини безпосередньо на кластері шляхом вибору у вкладці сервісів Virtual Machines та вузла (рис. 12).

Failover Cluster Manager					-03
File Action View Help					
(* *) 🖄 🗊 🔽 📅					
Railover Cluster Manager	Services and applic	ations Recent	Cluster Events: None in the last 2	Actions	
Hyper-v.demo.net	New Order			Services and	applications
VMM	V Online		Vitual HYPER Yes	Nonfigure a	Service or Application
HYPER-V-1				1 - HYPER-V-1	New Virtual Machine
HYPER-V-2			_	2 - HYPER-V-2	New Hard Disk
Cluster Shared Volumes				View	)
🖃 🎆 Networks				G Refresh	
External Cluster Events				Help	
	1 Service or applicatio	n.			
	Status:	Auto Start:	Preferred Owners:		
	Alerts:	Storage:	Current Owner:		
	Client Access Name:	Capacity:	Other Resources:		
	IP Addresses:				

Рис. 12. Створення віртуальної машини

Далі монтується дистрибутив з ОС. Для коректної роботи Live Migration необхідна відсутність залежностей від зовнішніх ресурсів на кожному вузлі. Як дистрибутив використовується ОС CentOS 5. При створенні віртуальної машини до неї додається

мережний адаптер Legacy (рис. 13), який необхідний для відновлення CentOS та для установлення компонент інтеграції Hyper-V. Після цього треба запустити установку OC CentOS з дистрибутиву.

Centos 5.5 x86_64 💌	4 Þ Q
<ul> <li>★ Hardware</li> <li>↑↓ Add Hardware</li> <li>↓ BIOS Boot from CD</li> </ul>	Specify the configuration of the network adapter or remove the network adapter. Network:
Memory     1024/HB     Processor     2.Virtual processors     2.Virtual processors     With a processor a processor a processor a processor     With a processor a procesor	External       Image: Constraint of the system
None	Remove We recommend that you use a legacy network adapter only if you want to perform a network-based installation of the guest operating system. Communications through a legacy network adapter are slower than through a network adapter.

Рис. 13. Увімкнення мережного адаптера Legacy

Для того, щоб сценарій тестування був найбільш ефективним, треба використовувати динамічні жорсткі диски VHD. Система досить ефективно працює з дисками розміром до 2 ТБ. Динамічні диски автоматично розширюються, що у разі необхідності

допоможе розрахувати середню продуктивність дискових операцій (рис. 14).

Далі при установленні налаштовується мережний інтерфейс Legacy (рис. 15).

Centos 5.5 x86_64 on localhost - Virtual Machine Connection	_OX
CentOS	
Installation requires partitioning of your hard drive. By default, a partitioning layout is chosen which is reasonable for most users. You can either choose to use this or create your own. Remove linux partitions on selected drives and create default I	ayout   🕈
Select the drive(s) to use for this installation.	*
Advanced storage configuration	
Review and modify partitioning layout	
Belease Notes	
Status: Running	<b>م الا 🐴</b> .::

Рис. 14. Підключення динамічних дисків

Action Media Clipboard View Help	
CentOS	
Network Devices	
Active on Boot Device IPv4/Netmask IPv6/Prefix	<u>E</u> dit
🗹 eth0 DHCP Auto	
Hostname	
Set the hostname:	
automatically via DHCP	
O manually localhost localdomain	(e.g., host.domain.com)
and a subset	*
Miscellaneous Settings	•
Miscellaneous Settings Gateway:	
Miscellaneous Settings Gateway: Primary DNS:	
Miscellaneous Settings Gateway: Primary DNS: Secondary DNS:	
Miscellaneous Settings Gateway: Primary DNS: Secondary DNS:	
MIscellaneous Settings Gateway: Primary DNS: Secondary DNS:	
MIscellaneous Settings Gateway: Primary DNS: Secondary DNS:	
Miscellaneous Settings Gateway: Primary DNS: Secondary DNS:	
MIscellaneous Settings Gateway: Primary:DNS: Secondary:DNS: Belease Notes	↓ Back ♥ Next

Рис. 15. Налаштування мережного інтерфейсу Legacy

Після цього установлення ОС виконується як на здійснюється вхід до гостьової системи та звичайному фізичному пристрої. Після завершення перевіряється робота комп'ютерної мережі (рис. 16, установлення та перезавантаження системи 17).



Рис. 16. Перевірка підключення



Рис. 17. Перевірка роботи комп'ютерної мережі

## Висновки

Проаналізовані характеристики засобів віртуалізації при побудові обчислювальних кластерів дають змогу обрати найбільш продуктивні з них в певних умовах їх функціонування. Наведені процедури установлення та налаштування засобів віртуалізації обчислювального кластера дозволяють оцінити часові витрати та програмні засоби для налаштування та обслуговування цих технологій при експлуатації обчислювального кластера.

### Література

1. Дудина, И. А. Разработка и реализация облачного планировщика, учитывающего топологию

коммуникационной среды при высокопроизводительных вычислениях [Текст] / И.А. Дудина, А.О. Кудрявцев, С.С. Гайсарян // Труды института системного программирования РАН. – 2013. – Т. 24. – С. 35-48.

- Листровой, С. В. Модель 2. И подход к планированию распределения ресурсов в гетерогенных Грид-системах [Текст] // С.В. Листровой, С.В. Минухин Проблемы управления и информатики: междунар. науч.-техн. журнал. – 2012. – № 5. – С. 120-133.
- 3. http://linoxide.com/ubuntu-how-to/install-configure-openvz-ubuntu-14-04-15-04/.
- 4. OpenVZ [Електронний ресурс]. Режим доступу: <u>https://help.ubuntu.com/community/OpenVZ</u>.
- 5. Установка OpenVZ на Ubuntu [Електронний pecypc]. Режим доступу: http://linux-notes.org/ustanovka-openvz-na-ubuntu/.
- 6. The Most Complete Virtualization Manager. Manage your entire server cluster from a single console. Free, Flexible and Open Source Режим доступу: http://lxcenter.org/software/hypervm.
- Бесплатное ПО от Microsoft [Электронный ресурс].
   Режим доступа: <u>https://www.microsoft.com/ru-ru/SoftMicrosoft/hyperv2012r2.aspx</u>.
- 8.
   Режим
   доступу:

   code.msdn.microsoft.com/HVRemote
- 9. Режим доступу: microsoft.com/systemcenter/virtualmachinemanager.

Минухин С.В., Задачин В.М. Исследование средств создания вычислительного кластера на основе технологий виртуализации. Проведен анализ современных технологий создания вычислительных Рассмотрены вопросы настройки кластеров. установки систем OpenVZ, HyperVM, Hyper-V. Рассмотрены этапы настройки OpenVZ для ОС Ubuntu / Debian. Рассмотрены особенности настройки систем при решении задач виртуализации. Рассмотрены распространенной как HyperVM особенности технологии для управления фермой физических и виртуальных серверов, используя вебинтерфейс. ориентированный Рассмотрены возможности использования HyperVM на основе управления сертификатами, протоколами удаленного доступа, определения списков сервисов и процессов и построения отчетов с работы виртуальных машин. Рассмотрены вопросы построения вычислительного кластера на основе операционной системы Linux на базе системы Hyper-V.

**Ключевые слова:** виртуализация, операционная система, вычислительный кластер, сервер, виртуальная машина, компьютерная сеть.

Minukhin S.V., Zadachin V.M. The research of the creation of computer cluster based on virtualization technology. The analysis of modern technologies of computing clusters. The question of configuration and installation of OpenVZ, HyperVM, Hyper-V is considered. The stages of setting OpenVZ OS Ubuntu/Debian are developed. The features of setting in solving virtualization are considered. Features HyperVM a widespread technology for farm management of physical and virtual servers using webbased interface are considered. The possibilities of using HyperVM based management of certificates, remote access protocols, the definition lists services and processes and build reports of virtual machines are developed. The questions of building a computing cluster based on Linux operating system based on the system of Hyper-V are discussed. The features like Hyper-V virtual environment that runs on the hardware level are considered. The next stages of adjustment of virtualization environment are developed: hardware requirements are cconsidered that choose to use virtualization technologies to processor computing cluster system; Software included with the kernel and hypervisor management console for centralized control. The necessity of spending resources on the host server to support other roles to improve performance of virtualization technologies are developed. The stages of system settings, which include: setting up a computer network by identifying local servers for all IPaddresses prior to connection to the switch, permit remote access to the cluster nodes using RDP and console MM, determination node domain, domain definitions and connect it to the cluster nodes; configuration repository to store virtual machines; virtual machines directly to the cluster; mounting distribution to work correctly with no dependencies on external resources on the nodes of a computer network operating system CentOS.

**Key words:** virtualization, operating system, computer cluster, server, virtual machine, computer network.

Рецензент д.т.н., професор Лістровий С.В. (УкрДУЗТ)

## Надійшла 18.04.2016 р.

Мінухін Сергій Володимирович, кандидат технічних наук, доцент, професор кафедри інформаційних систем Харківського національного економічного університету імені Семена Кузнеця. E-mail: <u>minukhin.sv@gmail.com</u>.

Віктор Михайлович, Задачин кандидат фізикодоцент кафедри математичних наук, доцент, інформаційних систем Харківського національного економічного університету імені Семена Кузнеця. E-mail: zadachinvm@gmail.com.

*Minukhin Sergii Vladimirovich*, candidate of technical sciences, professor of information systems department, Simon Kuznets Kharkiv National University of Economics.

Zadachin Victor Mikhailovich, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor of information systems department, Simon Kuznets Kharkiv National University of Economics.